

昭和60年度陸奥湾海況予報確立調査

III 補完調査

東湾中央部に形成された低酸素水塊に関する調査経過

林 義孝・中谷 肇・塩垣 優・三津谷 正
高林 信雄・今井美代子・蛭名 政仁

調査に至った経緯

昭和60年8月19日、海況自動観測装置で東湾ブイ底層の溶存酸素3.7ppm（飽和度45%）が観測された。

浅海定線観測（8月20～21日）でも東湾奥部底層の低酸素水塊（4.5～6.5ppm、飽和度54～80%）を確認した。これは例年夏期に発生する底層水の低酸素化に比して約1ヶ月早く5ppmを切った。

引続き溶存酸素が低下した場合、種々な現象が発生し一部に混乱の生じることが予想されるため、正確な情報を把握して、無用の混乱を避ける一助にすると共に、陸奥湾海況予報技術開発のための基礎的な資料を得ることを目的として調査を行なった。

調査方法

- 1) ブイシステムによる観測
平館ブイ、青森ブイ、東湾ブイによる毎時連続観測を行なった。
- 2) 調査船による分布及びモニター調査

(1) 8月20～21日	10点
(2) 8月28～29日	10点
(3) 9月3日	4点
(4) 9月10日	5点
(5) 9月17日	4点
(6) 9月18日	1点
(7) 9月24日	2点
(8) 10月1～4日	9点
(9) 10月14日	4点
- 3) 漁業協同組合からの聞きとり調査
- 4) 低酸素水によるへい死魚の目視観察調査

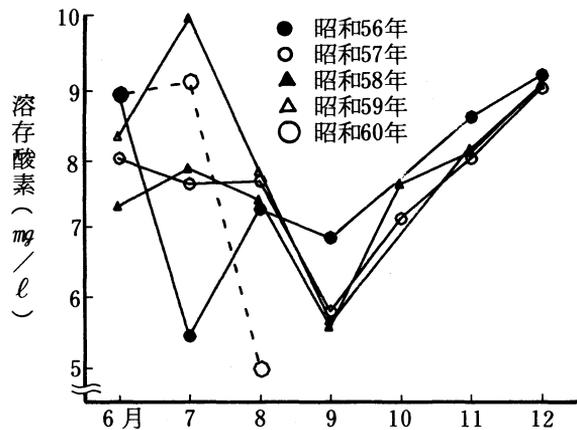


図-1 St. 4における底層DOの変化

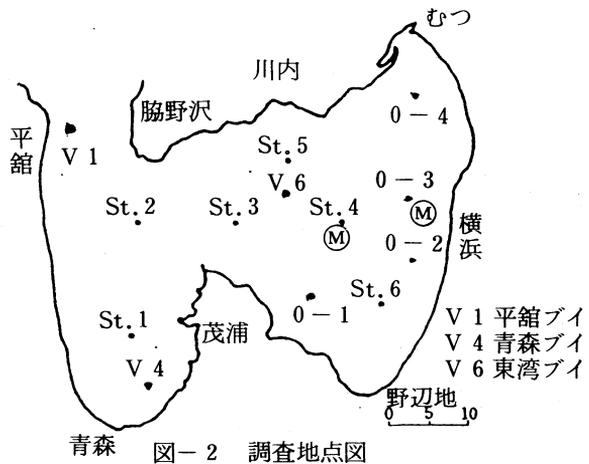


図-2 調査地点図

調査結果

1) ブイシステムによる観測

東湾ブイの上層及び底層の水温経過を図3に示した。

8月19日～10月14日の期間中、上層水温（-1 m）は8月25日26.17℃を最高に10月14日18.88℃まで低下した。

底層水温は水塊の移動とともに13.52℃から19.85℃まで上下した。

東湾ブイ底層の溶存酸素経過を図4に示した。

8月22日頃より低下した底層（海底上+1 m）溶存酸素は8月26日3.6ppmまで低下し、更に9月1日には2.1ppm（飽和度25%）まで低下した。しかし台風13号の通過（9月1日夜半）による海水の擾乱があり、底層水への酸素補給があったため溶存酸素は一時的に回復した（5.6ppm、飽和度71%）が中旬以降再び溶存酸素の低下が生じ、9月24日には今シーズン最低値1.5ppm（飽和度19%）を観測した。

9月24日を境に溶存酸素は順調に回復し、10月14日には5ppm（飽和度60%）まで回復した。

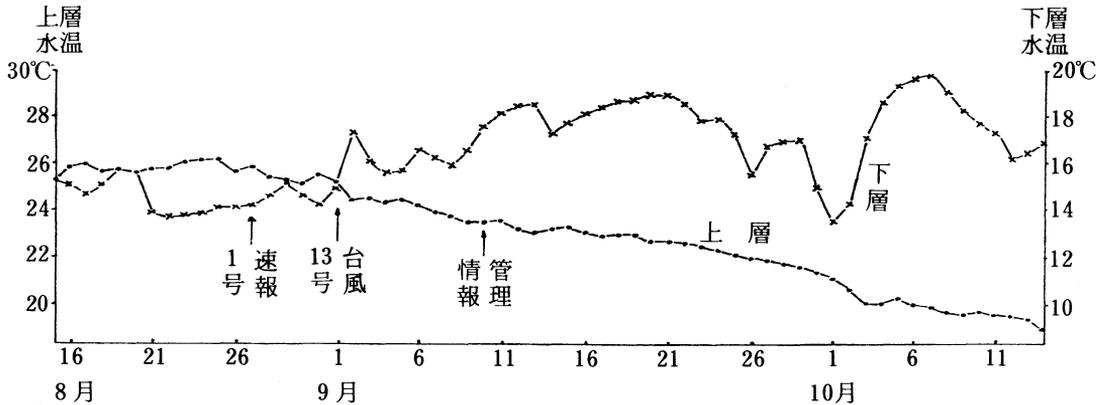


図-3 東湾ブイ（-1 m、45 m）水温経過（日平均値）

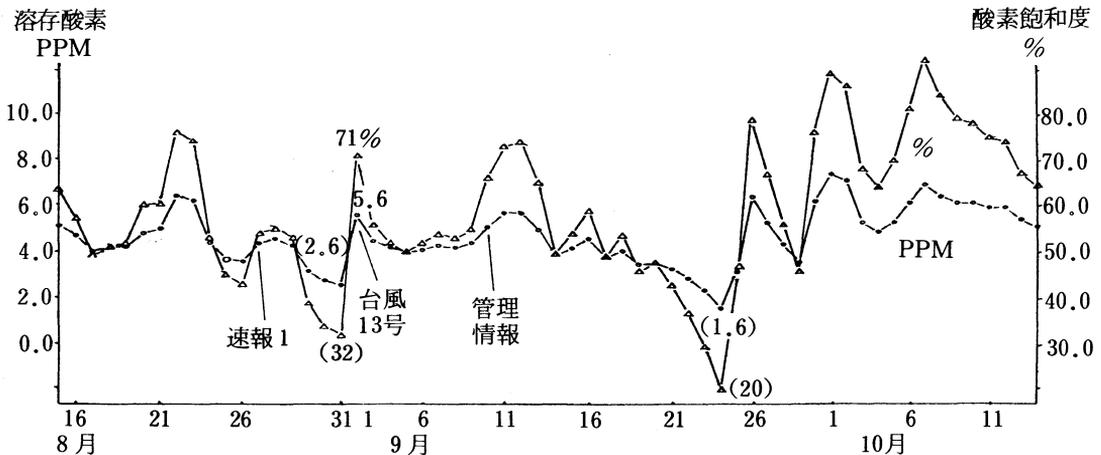


図-4 東湾ブイ底層溶存酸素（日平均値）の経過

2) 調査船による観測

表1のとおりであった。

表層水温(0m)は26.8~18.9℃、底層水温(底上1~2m)は14.02~23.25℃の範囲であった。上層溶存酸素(30m以浅)は6.04ppm(飽和度79.4%)~7.95ppm(飽和度102.5%)、底層溶存酸素は4.52ppm(飽和度53.7%)~8.07ppm(飽和度97.1%)であった。

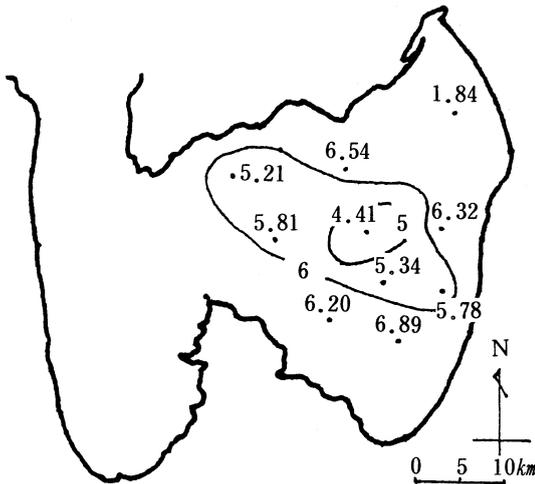


図-5 溶存酸素分布図(海底上1m) mg/l
8月28日~29日調査

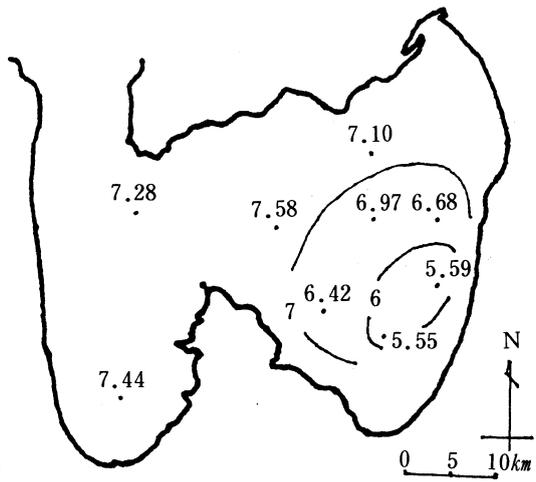


図-6 溶存酸素分布図(底上2m) mg/l
10月1日~4日調査

台風13号通過前の溶存酸素分布は図5のとおりであったが、10月1日~4日には図6の様な底層溶存酸素の分布となった。

8月29日、9月18日、10月14日の水温、溶存酸素の垂直分布は図7の様であった。

9月18日までは40m以深に成層が形成されているが10月14日には底層まで均一な水温になっていた。(表2、図-7)

3) 漁業協同組合からの聞きとり調査

表3のとおり横浜町、田名部、青森市(奥内支所)の各漁業協同組合から低酸素水塊によるものと思われるへい死魚に関する報告があった。(8月29日作成)

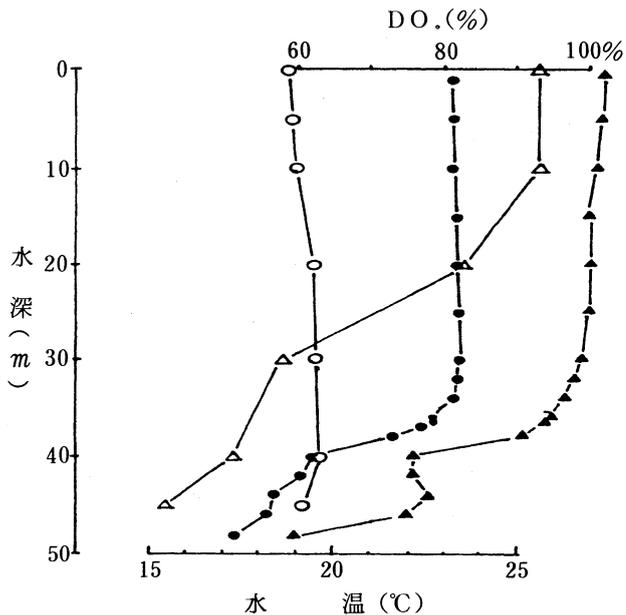


図-7 水温、溶存酸素の鉛直分布

- ▲: 東湾ブイ9月18日の水温、DO
- : 東湾ブイ9月18日のDO%
- △: 分布・モニター調査 Stn.4、8月29日の水温
- : 分布・モニター調査 Stn.4、10月14日の水温

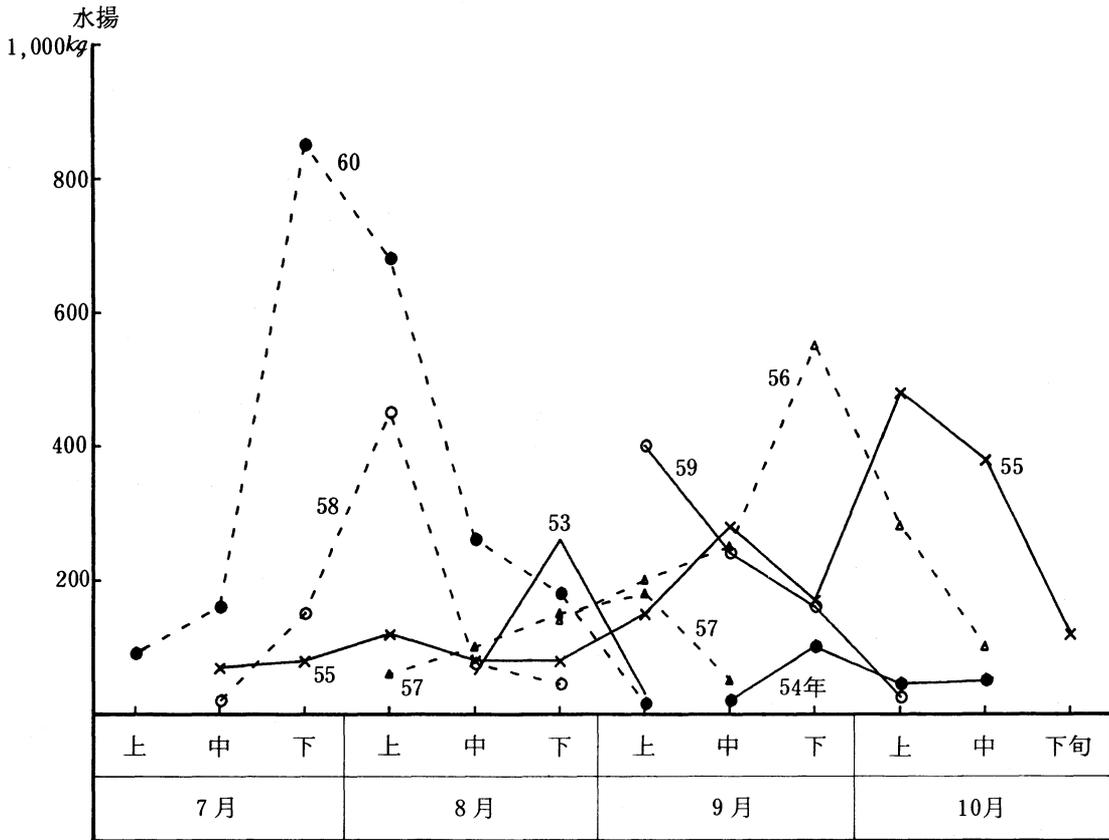


図-8 カレイ類水揚経過 (53~60年旬別)

各漁業協同組合とも低酸素によるへい死魚については、その臭気、体表変化等で経験的に分るとの事であった。聞きとりによると昭和53年の大量へい死事故発生以降その現象の程度に差はあるが、毎年低酸素水の発生はあるものと思われる。

横浜町漁業協同組合のカレイ類水揚経過は図7、表4のとおりである。

本来の水揚期間は9月~10月であるカレイ類の水揚ピークが、53年、58年、60年には、8月末まで、繰上がっていた。

4) 低酸素水によるへい死魚の観察調査

横浜町漁業協同組合で8月27日採集し凍結保存した試料を当所に搬入し、観察した。

(1) アイナメ

- ① 全個体の鰓が白ぼく褪色していた。又鰓牙の腐敗脱落している個体もあった。
- ② 体色の褪色傾向があり、特に赤色系が消え、黄色、褐色のものが多かった。
- ③ 内臓は腐臭を放っていた。
- ④ 筋肉は透明感が消え、白濁し弾力が低下していた。
- ⑤ 鰭の一部に腐敗による鰭膜の消失があり、その程度は腐敗の進行とともに顕著であった。
- ⑥ 急性酸欠死に特徴的とされる充血部位は特に見出せなかった。

(2) ウマズラハギ、クサウオ、マボヤ

すでに内臓が腐敗していた。

(3) エゾヒバリガイ

- ① 採集時には生存していたと思われる。
- ② 特に異臭なし。
- ③ 軟体部は鮮明な発色を呈していた。
- ④ 解凍後も閉殻筋は収縮していた。

考察及びまとめ

1) 低酸素水の形成について

湾内に流入した津軽暖流水は、低温・高塩であり、湾内底層に分布する。夏期・湾内は成層を形成する。特に東湾の成層は強く上層から下層水塊への酸素補給がないため、底層水は表層水温の低下による垂直混合期まで、溶存酸素を消費し低酸素水塊を型成するものと思われる。

2) 低酸素水塊の厚さについて

9月18日の東湾ブイでは6~10m位であるが、底上1~2mでの成層が大きいものと思われる。

3) 低酸素水塊とカレイ類の水揚げについて

漁業協同組合の水揚げ日計表によると、低酸素水塊発生時のカレイ類水揚げは日間のバラツキが大きい。これは、底魚が低酸素水塊から逃避する際に、刺網に羅網するものと考えられる。又、水揚げピークの早期化は、低酸素水塊の形成時期によるものと思われるが、さらに検討が必要である。

4) 海況自動観測システムの更新により、溶存酸素センサーの測定位置を底上+2mから底上1mに改善したため、底層溶存酸素の動向を以前に比し、良く把握することが出来る様になった。

5) 海況自動観測システムと調査船による補完調査を組合せることにより、低酸素水塊による被害発生についてある程度の予測が可能と思われる。

表1 貧酸素水調査分析表

調査月日	8月20日～8月21日																			
	St. 3 / 51.2		St. 4 /		St. 5 / 42.3		St. 6 /		0-1 /		0-2 / 39		0-3 / 38		0-4 / 30		St. 1 / 46.3		St. 2 / 53.1	
項目	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分	水温 ℃	塩分
0 m	25.7	32.465	26.2	32.457	25.9	32.559	26.5	32.444	26.2	32.425	26.6		26.8	32.480	26.5	32.491	26.1	32.760	24.7	32.987
5	25.31	32.444	26.01	32.448	25.82	32.542	26.33	32.429	26.11	32.427	26.45		25.89	32.448	25.83	32.465	25.47	32.756	24.50	33.005
10	24.81	32.470	25.79	32.439	25.65	32.541	25.88	32.406	26.03	32.432	26.07		25.69	32.475	25.67	32.470	25.43	32.842	21.08	32.963
20	22.74	33.053	21.69	32.728	23.90	32.808	20.02	32.778	20.21	32.754	20.38	32.706	20.69	32.688	20.66	32.719	23.57	33.225	22.72	33.014
30	19.42	32.758	18.49	32.981	19.58	32.828	18.24	33.060	18.81	33.349	18.60	32.952	18.43	32.990	25 19.43	32.821	19.57	33.026	20.28	32.916
40	16.63	33.350	17.34	33.256					16.94	33.425							17.26	33.681	17.69	33.103
50																				
底層+2 m	14.10	33.878	14.02	33.779	15.04	33.446	17.39	33.238	15.37	33.768	17.08	33.234	16.79	33.228	18.15	32.972	15.51	34.042	14.45	33.915
項目	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %
0 m																				
5															6.99	99.1				
10															7.00	99.0				
20							7.95	102.5					7.68	99.6	7.75	101.0	7.91	103.0		
30			7.57	95.2			7.51	94.1					7.53	94.9	7.03	88.4	7.16	91.4		
40			6.98	86.3					6.53	80.2										
50																				
底層+2 m	6.26	73.4	49.4	57.8	4.52	53.7	6.94	85.8	5.90	70.7	6.52	80.2	4.97	60.8	5.09	63.6	8.07	97.1	6.64	78.3

調査月日		8月28日～8月29日																			
場所/水深m		St. 3 / 51		St. 4 / 47		St. 5 / 40.6		St. 6 / 39		0-1 / 47		0-2 /		0-3 / 41		0-4 / 31		St. 1 / 32		St. 2 / 54	
項目	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	
0 m	25.4	32.682	25.5	32.523	25.8	32.383	25.4	32.493	25.6	32.553	26.0	32.351	26.0	32.458	26.0		25.1	32.243	24.7	33.314	
5																					
10	25.34	32.751	25.66	32.511	25.83	32.455	25.33	32.493	25.61	32.590	25.99	32.502	25.77	32.476	25.69	32.559	25.35	32.867	24.54	33.285	
20	23.05	33.037	23.38	33.065	21.21	32.796	21.50	32.695	24.40	32.832	24.74	32.754	22.52	32.796	21.53	32.686	23.68	33.192	22.06	33.270	
30	19.35	32.874	18.67	32.997	18.78	33.040	18.98	32.904	19.70	32.810	18.81	32.952	-	32.968	18.98	32.872			20.28	33.250	
40	17.60	33.289	17.37	33.293	38 17.00	33.304	37 17.38	33.184	19.54	33.359	37 17.47	33.175	39 17.21	33.231					19.20	33.613	
50			45 15.45	33.494	3				45 19.29	33.841											
底層+1 m	17.6	33.778	17.1	33.672	39 18.3	33.430	2 18.0	33.341	18.2	33.809	19.2	33.225	18.8	33.265	19.8	32.885	19.40	33.201	15.75	34.043	
項目	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %					
0 m																					
5																					
10																					
20																					
30															29	95.3					
40					38 6.54	80.4	37 6.17	76.3			37 6.47	80.1	39 6.47	79.8							
50			45 4.47	53.5					45 6.67	85.5											
底層+1 m	5.81	72.4	4.41	54.4	6.59	82.9	6.89	86.2	6.20	78.0	5.78	73.7	6.32	80.1	6.84	87.9					

調査月日	9月3日						9月10日									
場所/水深m	St. 4 / 47.3		0-3 / 40.7		東湾ブイ/47.1		St. 3 / 51.6		St. 4 / 46.7		St. 5 / 41.5		0-3 / 39.4		0-4 / 30	
項目	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分
0 m	24.5	32.721	24.5	32.717	25.0	32.831	23.9		23.5		23.6		23.8		24.0	
5	24.17	32.686	24.78	32.683	23.98	32.771	23.77		23.57		23.45		23.65		23.83	
10	24.05	32.685	24.12	32.691	24.42	33.127	23.76		23.48		23.43		23.69		23.85	
20	23.14	32.746	23.52	32.767	23.78	33.206	23.75		23.52		23.46		23.64		23.73	
30	22.05	32.773	21.14	32.834	21.89	33.050	23.79		23.59		23.30		32 22.91		23 23.65	
40	18.00	33.112			18.27	33.115	21.16		22.75		35 20.78					
50							45 18.91									
底層+2m	17.23	33.255	18.35	33.073	17.49	33.241	17.95		20.17		20.20		21.57		22.75	
項目	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %
0 m																
5	7.01	96.8	6.58	91.6	6.92	95.3										
10	6.91	95.2	6.89	95.0	6.98	97.0										
20	6.95	94.3	6.78	92.6	7.06	97.1										
30	7.11	94.8	6.04	79.4	7.15	95.2							32 7.00		23 6.92	
40	6.25	78.0			6.58	82.5	6.77		7.10		35 6.25					
50							45 6.39									
底層+2m	5.45	67.2	6.19	77.7	5.82	72.1	5.84		6.60		6.14		6.76		6.98	

調査月日	9月17日				9月24日				10月1日～4日							
	St. 4 / 46.6		0 - 3 / 39.6		St. 1 / 47.7		St. 2 / 52.7		St. 3 / 51.6		St. 4 / 47.0		St. 5 / 40.2		St. 6 / 39.1	
場所/水深m	水温 °C	塩分														
0 m	23.0	32.921	23.2	32.929	22.9	33.434	22.7	33.446	21.9	33.037	20.1	33.088	21.4	33.257	21.2	33.135
5	22.98	32.893			22.82	33.414	22.63	33.411	20.83	33.042	21.02	33.085	21.27	33.248	21.15	33.138
10	22.95	32.914	23.00	32.470	22.89	33.417	22.68	33.411	20.88	33.050	21.08	33.085	21.25	33.252	21.14	33.135
20	23.15	32.929	23.00	32.935	22.86	33.413	22.59	33.432	20.88	33.052	21.05	33.085	21.27	33.256	21.19	33.149
30	22.32	32.997	23.40	33.078	22.86	33.417	22.53	33.463	20.94	33.134	20.95	33.080	21.22	33.256	21.12	33.159
40	19.65	32.956	35 23.85	33.179	22.83	33.419	21.70	33.627	18.28	33.845	21.01	33.080				
50			37 23.21	33.015												
底層+2m	18.65	33.199	38 23.25	33.078	19.79	33.795	17.53	34.029	14.51	34.235	21.02	33.081	21.24	33.251	18.05	33.956
項目	D O mg/l	D O %														
0 m																
5	7.06	95.7			7.15	96.9	7.38	99.8								
10	7.05	95.5	7.03	95.1	7.14	97.0	7.34	99.3								
20	6.95	94.4			7.11	96.5	7.13	96.3					7.11	93.9	7.05	92.9
30	6.66	89.3	6.11	83.3	7.07	95.9	7.20	97.2	6.99	91.7	7.09	93.0	7.13	94.1	7.01	92.3
40	5.71	73.2	35 6.72	92.5	7.18	97.4	6.96	92.8	6.24	78.7	6.99	91.8				
50			37 6.74	91.8												
底層+2m			38 69.3	94.4	6.71	86.7	5.74	71.5	7.58	89.7	6.97	91.5	7.10	93.7	5.55	69.7

調査月日	10月1日～4日										10月14日									
	場所/水深m		St. 1 / 47.5		St. 2 / 54.2		0-1 / 46.1		0-2 / 39.4		0-3 / 39.4		St. 3 / 51.3		St. 4 / 47.5		St. 5 / 41.6		0-3 / 40.0	
項目	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分	水温 °C	塩分
0 m	20.5	33.399	20.5	33.362	23.1	33.172	21.2	33.075	21.2	33.170	19.0	33.066	18.8	32.604	18.9	32.659	19.2	33.229		
5	20.40	33.379	20.38	33.362	21.20	33.160	21.08	33.073	21.16	33.165	19.13	33.057	18.86	32.590	19.11	32.781	19.23	33.199		
10	20.42	33.383	20.41	33.370	21.24	33.160	21.11	33.072	21.16	33.174	19.07	33.059	19.00	32.726	19.61	32.273	19.39	33.222		
20	20.39	33.375	20.38	33.378	21.23	33.159	21.12	33.077	21.17	33.176	19.62	33.406	19.50	33.215	19.48	33.267	19.23	33.205		
30	20.42	33.485	20.41	33.417	21.25	33.159	21.11	33.106	21.16	33.183	19.62	33.436	19.46	33.253	19.53	33.297	19.33	33.224		
40	20.67	33.377	20.04	33.802		33.994					19.46	33.568	19.40	33.278						
50																				
底層+2m	20.40	33.382	17.93	33.962	16.32	34.090	17.08	33.973	21.04	33.198	19.00	33.758	19.15	33.456	19.44	33.412	19.51	33.319		
項目	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %	D O mg/l	D O %
0 m																				
5																				
10																				
20					6.87	90.6	6.99	91.9	6.99	92.1					7.49	96.0	7.43	94.8		
30	7.57	98.7	7.53	98.1	6.14	81.0	7.03	92.5	6.92	91.1	7.32	94.2	7.43	95.2	7.37	94.6	7.36	94.1		
40	7.51	98.2	7.50	97.4							7.21	92.5	7.34	93.9						
50																				
底層+2m	7.44	96.9	7.28	91.3	6.42	78.4	5.59	69.1	6.68	87.9	7.36	93.9	6.82	87.0	6.99	89.6	7.30	93.7		

表2 水温、塩分、溶存酸素の垂直分布表

東湾ブイ 昭和60年9月18日 14:20

水深 m	塩分	水温 ℃	D O %
1	32.84	23.18	102
5	32.85	23.19	102
10	32.87	23.15	101
15	33.05	23.34	100
20	33.07	23.37	100
25	33.16	23.40	100
30	33.20	23.39	99
32	33.22	23.31	98
34	33.20	23.20	97
36	33.21	22.71	95

水深 m	塩分	水温 ℃	D O %
36.5	33.21	22.69	94
37	33.08	22.39	94
38	33.04	21.61	91
40	32.92	19.40	76
42	32.94	19.04	76
44	33.02	18.38	78
46	33.07	18.12	75
48	33.17	17.30	60

表3 漁業協同組合からの聞き取り調査結果

昭和61年8月26日

漁協	概要	魚種	外観	その他
川内	特に異常なし。漁なし			ホタテガイは順調である。
むつ市	〃			
横浜	漁は少ない。 仕掛けた籠の北側半分 が死んでいた。 籠の見まわりは 1-2回/週	アイナメ カワハギ	体表白ぼい 骨だけ	アイナメ籠漁 450m×6 10kg魚体はまちまち 小形魚 20-30尾
野辺地	漁をしていない。 特に異常なし。			ヒラガニの小さいのが刺網にかかり、手間がかかるので漁をしない。
平内	漁が少ない。 特に異常なし。			
田名部	刺網漁のカレイへい死	カレイ		カレイ漁少ない。 ヒラガニ大漁
奥内支所	刺網漁のカレイへい死	カレイ アイナメ	体表白ぼい 腐臭	クルマエビ大漁 潮が早かった。

表4 カレイ類の水揚げ経過（横浜漁協）

（マガレイ、イシガレイ、メイタガレイの合計）

単位：kg

年		53	54	55	56	57	58	59	60
7 月	上旬								897.6
	中旬			733.4			165.7		1,558.8
	下旬			812.3			1,546.4		8,498.8
8 月	上旬			1,262.1		649.5	4,432.9		6,747.1
	中旬	610.0		840.8		1,000.7	777.0		2,601.2
	下旬	2,590.3		875.5	1,389.0	1,632.4	451.9		1,727.0
9 月	上旬	282.2		1,502.2	2,025.9	1,896.1		4,006.2	363.0
	中旬		186.2	2,808.7	2,597.2	467.9		2,400.7	
	下旬		967.0	1,681.9	5,571.3			1,782.9	
10 月	上旬		370.0	4,843.3	2,823.7			290.1	
	中旬		449.9	3,770.7	1,004.4				
	下旬			1,203.4					

概むね100kg/日以上の水揚げのある日から起算し、100kg/日以下が続く日で集計をやめた。
従って、起算の始まりと終りは必ずしも10日間全部を集計していない。